



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN EL SECTOR MINERO
DE CAJAMARCA DURANTE LOS AÑOS 2008-
2018”: una revisión de la literatura científica

Trabajo de investigación para optar el grado de:

Bachiller en Ingeniería de Minas

Autor:

Rafael Orihuela Verano

Asesor:

Ing. Víctor Álvarez León

Cajamarca - Perú

2018

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico a Dios, familia y a todos mis amigos que cuando regreso a casa, me brindan inspiración y apoyo constante, creyendo en mis esfuerzos para completar este esfuerzo. Tampoco podría haberlo hecho sin el apoyo que he recibido, ya que ellos siempre estuvieron ahí proporcionar palabras de apoyo y positivas a lo largo del proceso.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios y de manera especial, a la Mg.Cs Maryuri Yohana Vega Eras, por toda su ayuda, orientación y apoyo durante todo el proceso. También me gustaría agradecer al Ing. Víctor Álvarez León por su tiempo de dedicación a mi persona para apoyarme en la asesoría de mi trabajo de proyecto de tesis.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	18
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....	27
CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES	28
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Artículos adjuntos en la investigación, según las palabras claves que se utilizaron</i>	14
Tabla 2: <i>Relación de artículos publicados de manera pública o privada en diferentes países del mundo, publicados por año de publicación, por tipo, por temas abordados, revistas, etc</i>	20
Tabla 3: <i>Pasos para el desarrollo de una tecnología limpia</i>	21
Tabla 4: <i>Resultado de una elaboración limpia</i>	24
Tabla 5: <i>Empresas que aplican tecnologías limpias en el Perú</i>	25

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Tecnología limpia vs Tecnología de limpieza.....	23
<i>Figura 2:</i> Factores que inciden en el desarrollo de tecnologías limpias.....	23
<i>Figura 3:</i> Proceso de producción limpia.....	25

RESUMEN

Nuestra problemática radica esencialmente en el análisis de implementación de tecnologías por lo que el objetivo del trabajo fue analizar la implementación de tecnologías limpias en el sector minero peruano durante los años (2008-2018). Las palabras claves utilizadas para la búsqueda y recopilación de datos fueron "tecnologías limpias" y "tecnologías en minería" teniendo como fuentes principales: Google académico, Redalyc, Dialnet, Scielo, Alicia net. De las cuáles se obtuvo 18 artículos y luego se redujo a 8, producto de un proceso minucioso de selección de datos donde se omitió información ambigua e irrelevante para el trabajo. La revisión científica se plasmó en base a la metodología de investigación sistemática en función en la estrategia PRISMA. Una de las limitaciones más relevantes fue la restricción al acceso de información por parte de algunos autores. El objeto de estudio es la identificación de medidas para la reducción contaminantes expulsados al ambiente. Los resultados mostraran aspectos relacionados al tipo de tecnología a utilizar, como base para su implementación. Como principal conclusión se obtuvo que en la actualidad los proyectos mineros vienen enfocando, en crear las infraestructuras necesarias, mediante el uso adecuado de nuevas y mejores tecnologías limpias para una mejor gestión del ambiente.

PALABRAS CLAVES: Limpieza, Tecnologías en minera, Medio ambiente.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El estudio de tecnologías limpias es un concepto que viene desarrollándose fuertemente en el mundo actual, surge como respuesta al desarrollo industrial y a su impacto en la naturaleza, el mismo que fue fijado gracias fenómeno de la globalización.

Dicho concepto está relacionado con la aplicación de una producción limpia en las diversas industrias. La cuál según el Programa de las Naciones Unidas para el ambiente puede ser definida como “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para reducir los riesgos relevantes a los seres humanos y al ambiente” (Vera Torrejón, 2015).

A nivel internacional podemos destacar la región de Antioquia en Colombia donde la actividad minera en los últimos años vino teniendo una participación de más del 50% de la producción nacional, influyendo significativamente en el desarrollo de la región donde la mayor parte de la población dependía de la misma. Sin embargo, dicha actividad tuvo que enfrentarse a la ausencia de una gestión, la cual le permitiese lograr una sostenibilidad ambiental, así como la generación de un entorno social que le garantizara un desarrollo humano sostenible; lo que dio como desenlace una afectación ambiental de grandes proporciones, puesto que se venían vertiendo grandes cantidades de mercurio al ambiente. Es por ello, que en busca de una solución óptima vieron necesario la implementación del Proyecto Global de Mercurio-GMP-2 de la ONUDI, bajo el nombre de “Introducción de tecnologías más limpias en la minería y extracción del oro artesanales” el cual les permitiese una explotación adecuada de los yacimientos, la dignificación del trabajo, la protección ambiental y la sostenibilidad económica y social, pudiendo de esta forma beneficiar los niveles de producción aurífera,

contemplando menores consumos de mercurio así como la disminución de los impactos en la comunidad minera. Con el apoyo y participación de actores como las corporaciones ambientales, los gobiernos locales, los empresarios mineros unidos conjuntamente con la ONUDI se identificaron aspectos socioeconómicos, técnicos y ambientales, de manera que estos pudiesen mejorar los principales factores que han venido ocasionando impactos negativos en el ambiente (Rodríguez Mur, 2017).

Un contexto similar se desarrolló en la comunidad de Puchuncavi en Chile donde el Ministerio de Minería mediante el proyecto "Tecnologías Limpias en la Industria del Cobre", en coordinación con otras instituciones, se enfocó en trabajar en la zona fuertemente impactada por la operación del complejo industrial. Dicha estrategia consistía en la incorporación de nuevas tecnologías ambientalmente "limpias", la aplicación de instrumentos de gestión ambiental, de modo de obtener, como consecuencia, la recuperación de otras actividades productivas afectadas. De igual forma se vio necesario un estudio denominado: "Revegetación y Fitorremediación potencial de suelos contaminados con metales en Chile dirigido por el Departamento de Ecología de la Pontificia Universidad Católica de Chile. En el cual se fomentaron estrategias de revegetación y de estabilización de las áreas perturbadas y contaminadas con metales generadas por la minería del cobre y las actividades de fundición en Chile, que considere las características locales de los suelos y que utilice las especies vegetales nativas adecuadas (Sub Secretaria de Minería, 2011).

De igual manera desde el enfoque nacional podemos ver que la minería en las últimas décadas ha venido siendo uno de los sectores más dinámicos de la economía peruana; generando un enorme apogeo del sector; sin embargo, al igual que en otras partes del mundo el Perú siempre ha tenido que ir enfrentándose al desarrollo de una minería artesanal que genere prácticas inadecuadas para la obtención de oro mediante el

empleo de mercurio. Es por ello que en búsqueda a dicha problemática un grupo de profesionales peruanos se vieron en la necesidad de diseñar y fabricar un equipo mediante el cual se evitaría usar en su totalidad este nocivo metal que causa estragos no solo a la salud sino además al medio ambiente, el mismo que le permitiese generar una nueva minería, la cual vaya de la mano con una normativa que le permita sobre una base sostenible asegurar los beneficios de una oferta ambiental suficiente para las generaciones futuras. El aparato en mención recibe el nombre de ECO-100V y fue probado con éxito en la región de Madre de Dios. “Recupera el 95% del oro presente en la arenilla negra y no necesita del mercurio ni mucho menos del cianuro en ninguna etapa de la recuperación del mineral” (Soria Dall’Orso, 2016).

Entre otras características, esta pequeña maquina es desarmable y de fácil transporte. Asimismo, usa reactivos no contaminantes, recircula el 90% del agua de proceso, consume 0,2 galones de gasolina por ciclo productivo y tiene alta resistencia a la abrasión y corrosión. Si bien esta tecnología fue desarrollada en un principio para las operaciones aluviales de oro, han puesto en marcha otro sistema (ECO-100H) que también es aplicable a la pequeña minería, que explota yacimientos de oro en roca, que se explotan en la zona de Nazca, Chala, Ayacucho, Puno, Cusco, Lima, Piura, entre otros (Bauer, 2015).

El presente trabajo se realiza con el propósito de mostrar la existente e importante relación entre factores como minería, tecnologías limpias, producción, medio ambiente y población. Sin embargo, dados los diferentes marcos teóricos de referencia, las distintas metodologías empleadas y los instrumentos de medida utilizados en los diferentes estudios, es importante contrastar la información para así ofrecer una visión más concreta y precisa, la cual servirá de gran aporte al conocimiento existente, el

mismo que tendrá implicaciones para la práctica en dicho sector (Soria Dall'Orso, 2016)

El objetivo de la investigación es proporcionar una visión general sobre estudios empíricos relacionados a la idea de fortalecer la implementación de tecnologías limpias en un proyecto, las cuáles ayuden a reducir la cantidad de emisiones contaminantes y residuos, además de aumentar la productividad y, por ende, los ingresos; así, se espera mejorar la calidad de vida de la población minera (Rodríguez Mur, 2017).

La interrogante a que responde el problema de investigación en el presente estudio es:

- ¿Cómo ha influido la implementación de tecnologías limpias en el sector minero durante los años (2008-2018)?

Para dicha problemática, se desarrolló en base a la revisión de literatura científica el siguiente objetivo principal:

- Analizar influencia de la implementación de tecnologías limpias en el sector minero durante los años (2008-2018).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

En cada estudio se analizó primordialmente la manera como se trata o emplea el término tecnologías limpias de acuerdo al ámbito en el que se desarrolle. El presente trabajo encontró estudios realizados entre los años 2008 y 2017.

En la revisión sistemática presentada se analizaron y sintetizaron las diversas evidencias encontradas en torno a estudios e investigaciones realizados en años anteriores, las cuales sirvieron de base para formular, plantear y desarrollar el tema.

Como primer paso se realizó la búsqueda de información o revisión literaria científica, donde primordialmente se tomó como bases de información: Scielo, Redalyc, Science, Dialnet, Google académico, Alicia.net; de los cuales se pudo extraer libros, artículos científicos, revistas científicas, tesis, papers e informes, las mismas que nos permitieron contar con la información pertinente para el desarrollo del presente estudio.

Para poder recolectar información de artículos científicos, se buscó en bibliotecas virtuales tales como: Google Académico, 8 artículos; Redalyc, 4 artículos, Scielo, 3 artículos; Dialnet, 3 artículos; Alicia Net, 2 artículos. Una vez extraída la información de un total de 20 fuentes de información se escogieron once, con los cuales se empezó a realizar una minuciosa revisión sistemática, donde para afianzar el cumplimiento en demostrar lo minucioso que se realizó en la búsqueda de información, se utilizaron términos que usaron a partir de la pregunta de investigación: “tecnologías limpias”, “tecnologías en minería”, “Clean technologies” y “mining technologies”). Por especificidad de la búsqueda de tecnologías limpias en el sector minero, se diseñó un protocolo con la combinación de los términos establecidos : ((“tecnologías limpias” AND “tecnologías en minería”) ((“Clean technologies” AND “mining technologies”))).

Igualmente, se definió como base de búsqueda a Ebscohost, Google Académico, Scielo, ProQuest. En dicho proceso se realizó la técnica de inclusión y exclusión de datos donde se descartó aquellas que presentaran información incompleta o irrelevante en su estructura, así mismo en otros casos fueron excluidas porque eran investigaciones ambiguas respecto a la metodología, publicaciones restringidas por parte el autor, y otros que se relacionados a un costo en el cual se debe incurrir al momento de querer tener el artículo integro.

Tabla 2:
Artículos adjuntos en la investigación, según las palabras claves que se utilizaron.

Titulo	Autor	Año	Tipo	Objeto de estudio	Método de estudio	Resultados
Estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa.	Alfonso A. Romero, Silvana L. Flores, Rosa Medina.	2008	Revista científica	Comportamiento de los metales pesados	La generación de drenajes de mina, en la actualidad, en nuestro país ha generado la existencia de muchos efluentes metalúrgicos provenientes de plantas concentradoras y algunas labores mineras abandonadas, las cuales vienen alterando el medio natural y produciendo impactos ambientales negativos, lo cual constituye un pasivo ambiental minero, producto de la extracción de minerales sulfurados como la galena, blenda, pirita argentífera, etc., que se encuentran en cantidades considerables.	- Se generó la contaminación del medio físico, tal como: la contaminación del agua y del suelo, producto del propio desinterés por parte de organismos reguladores y a la falta de conocimiento, experiencia y manejo de tecnologías limpias.
Implementación tecnologías limpias en unidades mineras ubicadas en la zona aurífera del departamento de Antioquia	Inga Catherine Rodríguez Mur	2017	Revista científica	Tecnologías limpias que ayuden a reducir la cantidad de emisiones contaminantes y residuos	En este documento, se presentan los resultados más significativos de dos convenios. El Convenio 1 se desarrolló con la Gobernación de Antioquia y la Universidad de Antioquia, enfocado en el diagnóstico a nivel sanitario y ambiental y la asesoría y capacitación técnica para lograr mejoras en las actividades. El convenio 2 se llevó a cabo con la Gobernación de Antioquia y la Universidad Nacional sede Medellín, y estuvo enfocado a la implementación de tecnologías limpias para la reducción del uso del mercurio, con capacitación y demostraciones técnicas.	- En el primer convenio, se asesoraron 81 entables mineros y 90 establecimientos de compraventa de oro, para un total de 1440 personas asesoradas en ocho municipios. En muchos de los entables se lograron mejoras a partir de la aplicación de buenas prácticas y la implementación de tecnologías limpias sencillas. - En el segundo convenio se realizó a 21 unidades mineras y luego de una serie de procesos en el 2015, se logró cuantificar una disminución de uso del mercurio en un 60 % y un aumento en la recuperación de oro del orden, también del 60 %

					en las unidades mineras intervenidas. Además, se
					identificó una disminución del 70 % del consumo
					de agua mediante recirculación al proceso.
Mecanismo de producción				Se presenta un análisis sobre los mecanismos de producción	- Resulta evidente que la producción más limpia es
más limpia: el reúso de	José Antonio			más limpia los cuales se sustentan en los principios de	una práctica enfocada a la conservación y
aguas residuales en la	Vera Torrejón	2015	Artículo	prevención y desarrollo sostenible, cuyo objetivo es la	aprovechamiento sostenible de los recursos
actividad minera			científico	protección del ambiente, ya sea mediante la conservación y	naturales, al buscar el uso eficiente de los recursos
				aprovechamiento sostenible de los recursos naturales o	naturales y así reducir los residuos y vertimientos
				mediante la preservación de la calidad ambiental. Se define y	generados. No obstante, se puede inferir que
				desarrolla el concepto de reúso de aguas residuales, enfatizando	también tiene un matiz de prevención ambiental,
				su aplicación en la actividad minera. Por último, se presentan	pues busca evitar impactos negativos en el
				casos de reúso de aguas residuales aplicados por las empresas	ambiente (reducción de residuos y emisiones) o, en
				mineras.	su defecto, mitigarlos (tratamiento de los residuos
					y emisiones). En tal sentido, para lograr una
					práctica de producción más limpia con resultados
					ecoeeficientes, se buscará la reducción del uso del
					recurso natural y la protección de la calidad
					ambiental.
Procedimiento para la	Catá Salgado,			Se analiza el problema con un estudio de mercado que posibilite	- La aplicación de la estrategia planteada logrará
obtención de tecnologías	Y.; González			la selección de la tecnología, teniendo en cuenta el aspecto	beneficios en aspectos, tales como: a nivel
más limpias considerando la	Suárez, E.;	2006	Revista	medioambiental. Además, se considera la incertidumbre en la	tecnológico, económico, ambiental y social.
incertidumbre	González		científica	demanda del producto final y materia prima y por último se tiene	
	Cortes, M.;			en cuenta las oportunidades de intercambio de recursos	
	Corsano, G			materiales y energéticos en el proceso con el objetivo que sea	
				más eficiente.	

Propuesta para el diseño de un acuerdo de producción más limpia para el sector de los minerales no metálicos	Beatriz Olivo Chacín	2015	Artículo	Diseño de producción limpia	Los problemas y posibilidades asociados a la minería en pequeña escala es tema de análisis en la variada literatura minera especializada y evidencian los enormes desafíos que esta actividad implica. Por una parte se denuncia el visible daño ambiental que deja dicha actividad, pero por otro se reitera la necesidad de considerar la dimensión socioeconómica que este sector representa.	- La propuesta se basa en promover una producción limpia dentro sector minero ya sea que el proceso de extracción se desarrolle a pequeña escala en las regiones del país; esto en búsqueda del mejoramiento de sus actividades, que le permitan enfrentar los obstáculos que se puedan presentar.
Efecto de la minería artesanal e informal. Uso de tecnologías limpias para la recuperación de oro.	José Luis Bauer	2015	Artículo	Uso de tecnologías limpias	Consiste en el uso de una tecnología que permite separar el valioso metal de sus otros acompañantes, sin necesidad de usar componentes dañinos. Se utilizan tenso activos derivados de alcoholes.	- Recupera el 95% del oro presente en la arenilla negra y no necesita del mercurio ni mucho menos del cianuro en ninguna etapa de la recuperación del mineral". - Permite incrementar la rentabilidad del pequeño minero al recuperar 95% contra el 80% que se recupera en la amalgamación, además se elimina el gasto del mercurio.
Tecnologías limpias en la industria minera boliviana	BadyI. Mancilla, Soledad Siñani Q.	2016	Artículo	Tecnologías limpias	En general, las técnicas de procesamiento utilizadas por el sector de la pequeña minería aurífera primaria en muestran una gran variedad de técnicas individuales, que dependen especialmente de la situación financiera de los mineros y de sus conocimientos tecnológicos. Y debido a la ausencia de los mismos dichos procedimientos se han venido desarrollando de forma inadecuada viéndose afectado la población y el medio ambiente.	- La implementación de una política de Estado que patrocine e implemente una gestión ambiental integral, desde la etapa de planificación hasta el cierre de las faenas mineras, promoviendo una producción limpia en el sector minero que permita a la vez mejorar la eficiencia productiva y operacional de este sector así como

también, mejorar su desempeño ambiental,

con una permanente aplicación de una

estrategia ambiental preventiva, aplicada a

los procesos, productos y servicios

relacionados al sector minero.

Datos obtenidos en la investigación científica (Elaboración propia del cuadro.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Con los datos de artículos revisados a través de los instrumentos de recopilación podemos decir que si es posible analizar la implementación de tecnologías limpias en los diversos proyectos que se desarrollan a nivel nacional puesto que de manera general los diversos autores tratan de abordar el tema de implementación de una producción más limpia, manteniendo diversas opiniones que busquen no alejarse de la realidad. Los mismos no tratan de encontrar una definición legal ni científica que pueda ser sometida a exámenes minuciosos, análisis o disputas sin sentido, sino por el contrario buscan explicarla de manera sencilla y adecuada (Díaz Crespo, Fernández Lorenzo, Fernández Concepción, & Moreno Linares, 2017).

Como es mencionado la aplicación de dichas tecnologías es de manera similar en los distintos sectores productivos. Así mismo es un término muy amplio que abarca lo que algunos países llaman minimización de desechos, elución de desechos, prevención de contaminación y otros nombres parecidos, pero también incluye algo más. Los distintos autores tratan de analizar la producción limpia enfatizándose en la producción de bienes y servicios dentro del sector minero con el mínimo impacto ambiental bajo la tecnología actual y límites económicos. Sin embargo logran reconocer que la producción no puede ser absolutamente limpia puesto que en la realidad práctica siempre existirá residuos de algún tipo, de varios procesos y productos obsoletos. Así mismo mantienen la idea de que debemos esforzarnos para hacer las cosas mejor que en el pasado haciendo una óptima utilización de los recursos para asegurar el bienestar de las generaciones futuras (Díaz Crespo, Fernández Lorenzo, Fernández Concepción, & Moreno Linares, 2017).

La Producción Más Limpia no desconoce el progreso, sólo insiste en que el crecimiento es ecológicamente sostenible en un periodo más largo que aquél que han

estado analizando los diversos investigadores. También es importante tener una visión más clara de lo que no es la producción más limpia. Puesto que existen una variedad de conceptos erróneos populares que deben refutarse, como que el reciclaje y el tratamiento de efluentes constituyen en sí una producción más limpia, debido a que muchos intereses establecidos de por medio tratan de adaptar los programas existentes bajo un título que sea de carácter popular (Díaz Crespo, Fernández Lorenzo, Fernández Concepción, & Moreno Linares, 2017)

Al momento de realizar la búsqueda de información, en la base de datos se demostró un total 20 artículos publicados entre los años 2008 y 2018, divididos así: Google Académico, 8 artículos; Redalyc, 4 artículos, Scielo, 3 artículos; Dialnet, 3 artículos; Alicia Net, 2 artículos. Una que vez obtenido el número total, se eliminaron 7 artículos que presentaban información similar o poco relevante; logrando un total de diez artículos originales. Al obtener el número final de artículos ya mencionados fueron analizados minuciosamente y tomándose en cuenta ciertos criterios se procedió a la inclusión donde se tomó en cuenta solo aquellos los artículos de mayor relevancia especialmente por el grado de especificidad y autenticidad en su información y se excluyeron solo aquellos con información ambigua o poco novedosa para la investigación, hasta lograr un número de 8 artículos para la presentación de los resultados.

En los 8 artículos seleccionados se analizó el desarrollo de tecnologías limpias en el ámbito minero y como ha ido evolucionando su implementación en las últimas décadas. Dichos artículos han sido publicados de manera pública o privada en las revistas nacionales e internacionales anunciados en la Tabla 2.

Tabla 2

Relación de artículos publicados de manera pública o privada en diferentes países del mundo, publicados por año de publicación, por tipo, por temas abordados, revistas, etc

Fuente	Artículo	País	Revista de publicación del artículo	Año
Google académico	PÚBLICO	VENEZUELA	Tecnologías Limpias en las Industrias Extractivas Minero-Metalúrgica y Petrolera	2017
Google académico	PÚBLICO	PERU	Mecanismo de producción más limpia: El reúso De aguas residuales en la actividad minera	2015
Google Académico	PUBLICO	PERU	Tecnologías limpias en las Industrias Extractivas	2006
Google Académico	PUBLICO	PERU	Estudio de los metales pesados en el relave abandonado de Ticapampa	2008
Google académico	PUBLICO	PERU	Efecto de la minería artesanal e informal. Uso de tecnologías limpias para la recuperación de oro.	2015
Scielo	PUBLICO	COLOMBIA	Oportunidades de crecimiento y desarrollo para las empresas colombianas a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)	2010
Dialnet	PUBLICO	COLOMBIA	Implementación tecnologías limpias en unidades mineras ubicadas en la zona aurífera del departamento de Antioquia	2017
Redalyc	PUBLICO	CUBA		2006

Procedimiento para la
obtención de tecnologías más
limpias considerando la
incertidumbre

Datos obtenidos en la investigación científica (Elaboración propia)

Definición de tecnologías limpias empleadas en el sector minero

En los distintos artículos revisados se encontró diferentes definiciones referentes al tema de tecnologías limpias y como estas se vienen desarrollando en minería, así mismo se pudo agrupar las mismas en 4 categorías. La primera categoría se refiere a que, para iniciar un proceso constructivo adecuado, es necesario realizar un análisis minucioso que nos permita tener en cuenta ciertos requisitos para la adecuada implementación de dichas tecnologías denominadas verdes. Según un estudio realizado por (Carrillo, Zenteno, & Rubín, 2010), se debe centrar en la idea de cómo lograr la sostenibilidad a través de la ciencia y la tecnología.

Tabla 3
Pasos para el desarrollo de una tecnología limpia

Número	Pasos
1.	Los diseñadores deben asegurarse que las entradas y salidas de materia y energía no se compongan de compuesto peligrosos.
2.	Prevenir la formación de residuos que limpiar o tratar de remediar una vez que se hayan formado.
3.	Las operaciones de separación y purificación deben diseñarse para minimizar el consumo de energía y el uso de materiales.
4.	Los productos, procesos y sistemas deben estar diseñados para maximizar la masa, la energía, el espacio y la eficiencia en el tiempo.

5. Los productos, procesos y sistemas deben ser “extraídos de la producción” en vez de ser “insumos introducidos” a través del uso de energía y materiales.
6. Cuánto más complejo es el material se incrementa su característica reciclable.
7. Los diseños tienen que estar preparados con la capacidad de mejoras en caso de error
8. El diseño de productos, procesos y sistemas debe incluir la integración e interconexión de la energía disponible y los flujos de materiales.
9. Los productos, procesos y sistemas deben ser diseñados para presentar un buen rendimiento en una “vida futura”.

Datos obtenidos en la lectura de varios artículos (Elaboración propia)

La segunda categoría acepta, que para iniciar el desarrollo de un proyecto se tiene que tomar en cuenta un aspecto importante relacionado con estudios referentes sobre el tipo de tecnología que se va a emplear : una tecnología limpia o una tecnología de limpieza ; para ello se tiene en cuenta factores como tiempo y dinero , así como cuál de dichas tecnologías es relevante durante el proceso puesto que permite atacar el problema de raíz mediante una reducción total de dichos residuos, además de una serie de investigaciones desde las pruebas en laboratorios a plantas pilotos y más tarde a industriales. Para realizar este análisis se elaboró una comparación entre dichas tecnologías, enfocándonos en las características de cada una (Arauco , 2016). (Véase Figura 1).

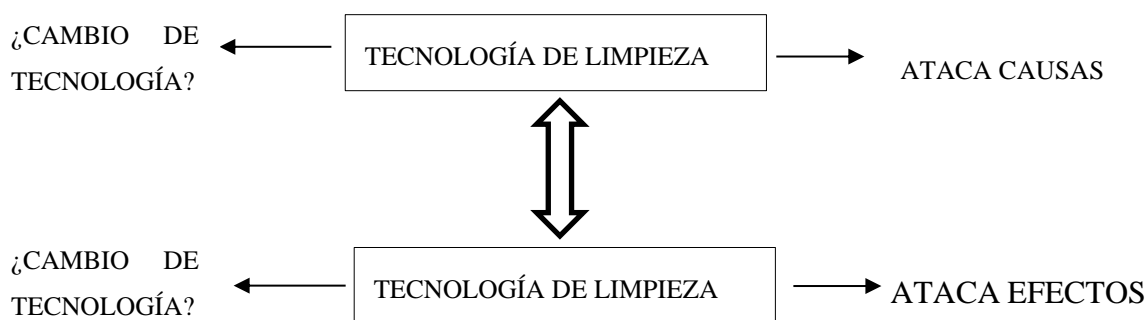


Figura 1. Tecnología limpia vs Tecnología de limpieza

Fuente: Elaboración propia.

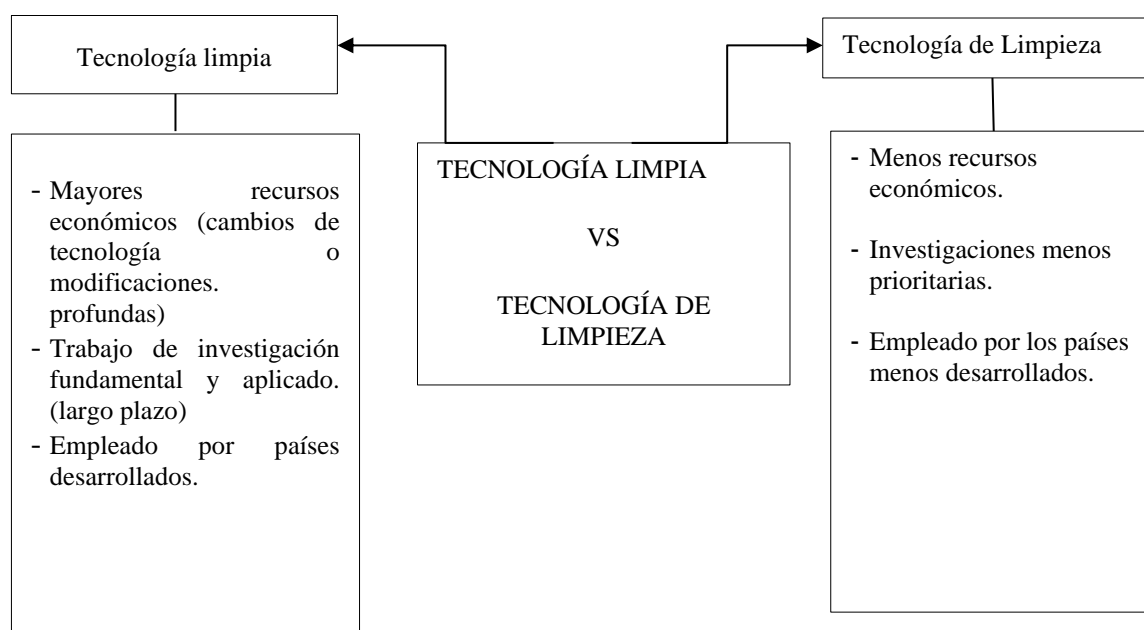


Figura 2. Factores que inciden en el desarrollo de tecnologías limpias.

Fuente: Elaboración propia.

En la tercera categoría se muestra la importancia, en el largo plazo de una producción más limpia la cuál que sea más efectiva desde el punto de vista económico y más coherente desde el punto de vista ambiental; puesto que comparado con los métodos tradicionales de tratamiento «al final del proceso», estos solo se enfocan en buscar que hacer con los residuos (sólidos o líquidos) o emisiones una vez ya generados y expulsados en el proceso. De esta forma pudimos obtener un cuadro

estadístico, basándonos en los diversos efectos positivos que genera la aplicación de dichas tecnologías (Vera Torrejón, 2015). Lo expuesto se expresa en la Tabla 4.

Tabla 4
Resultado de una elaboración limpia

Clasificación	Efectos
En los procesos	Conservación de materia prima y energía.
	Eliminación del uso de materias primas tóxicas.
	Control de calidad de los insumos y materias primas usadas.
	Reducción de los costos de producción, debido al ahorro producido.
	Reducción de los costos de tratamiento al final del proceso.
En los productos	Mejoramiento de la calidad del producto.
En los residuos	Disminución de los costos de manejo de los residuos. Disminución del riesgo de impacto ambiental de los residuos.
La producción más limpia mejora	La eficiencia de los procesos. La calidad del producto.

Datos obtenidos en la lectura de Aula virtual USMP.

Según (Vera Torrejón, 2015), La cuarta categoría conceptual se enfoca en el papel que desarrollan las tecnologías limpias durante el proceso de producción en el sector minero. De acuerdo al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) la práctica de producción más limpia es ejecutada en cada proyecto de inversión de acuerdo al ámbito en el cuál se desarrolle; para ello es sabido que, en todo proyecto se da uso a un recurso natural para finalmente, obtener un producto de este, tal como se aprecia a continuación en la Figura 3:

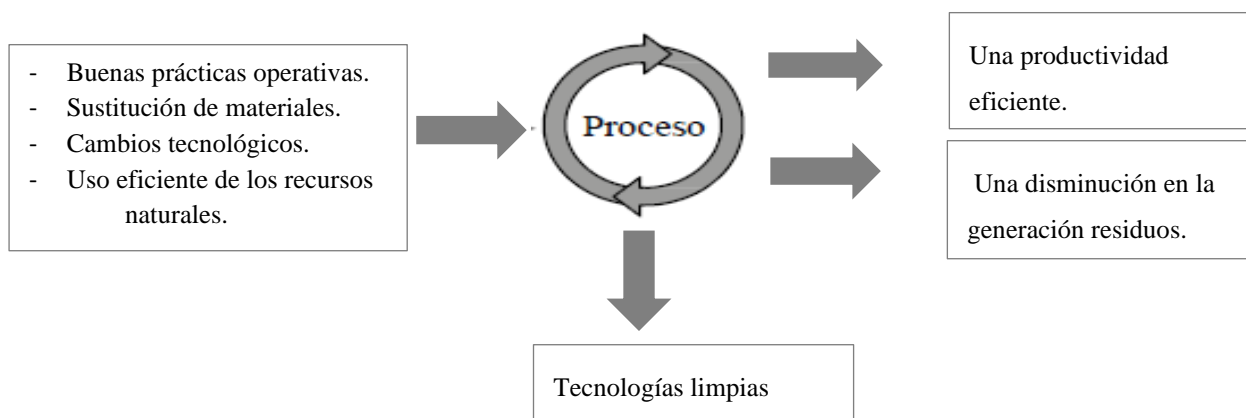


Figura 3. Proceso de producción limpia.

Fuente: Aula Virtual USMP

Y por último la quinta categoría se enfoca en describir las empresas mineras que viene implementando tecnologías limpias en sus procesos productivos en búsqueda de un equilibrio medioambiental.

Tabla 5

Empresas que aplican tecnologías limpias en el Perú

Proyectos mineros	Descripción de la tecnología
1.Antamina	Mantiene solidos estándares técnico-ambientales que se enmarcan en un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) basado en normas internacionales. Los mismos que están conformados por la certificación ISO 14001 de medio ambiente y la norma OHSAS 18001, el cual permite el control de los riesgos ocupacionales que afecten la seguridad y salud de los colaboradores. Así mismo como parte de sus políticas ambientales Antamina ha ido implementado un programa de manejo de los residuos, donde se desarrollen acciones de control de la contaminación ambiental; mediante el manejo integral y sustentable de los residuos combinando los métodos de

recolección, sistemas de separación, valorización y aprovechamiento (Antamina, 2019).

2. Yanacocha

Se enfoca en el manejo de un nuevo proceso de tratamiento de la solución barren conocido como osmosis inversa el cual está diseñado para tratar 1 790 m³/h de solución barren y obtener 1 250 m³/h de una solución clarificada libre de contaminantes, excepto el cianuro, por lo que se realiza una cloración posterior para su eliminación, obteniéndose un agua que cumple con los estándares de calidad de agua establecidas por el Ministerio de Energía y Minas y el Banco Mundial (IFC) (CONAM, 2015).

3. Cerro Verde

El proyecto en mención cuenta con un sistema de control, minimización, reutilización y reciclaje que les permite reducir los desechos que producen. De manera general los residuos obtenidos en el proceso productivo son clasificados, tratados y almacenados para ser reutilizados o comercializadas a empresas especializadas para su disposición final (Minera Cerro Verde, 2017).

Datos obtenidos de la lectura de varios artículos

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

El amplio desarrollo en las últimas décadas del sector minero trajo consigo una serie de ventajas para el país, sin embargo, ello mismo vino acompañado por una serie de conflictos producto del inadecuado uso de tecnologías que perjudicaban el medio ambiente. En este sentido, en la actualidad los proyectos mineros se vienen enfocando en la idea de crear las infraestructuras necesarias, con el uso adecuado de nuevas y mejores tecnologías limpias para una mejor gestión del medio ambiente y de esta manera lograr que el crecimiento de la economía en el departamento empiece a ser sostenible en el tiempo.

Hoy en día existen tecnologías que permiten manejar una buena gestión ambiental en una empresa minera, especialmente si se quiere atacar los problemas en las causas que los generan y no en las consecuencias finales. Sin embargo, se requiere de grandes inversiones de dinero para atacar el problema de raíz, es por ello la mayor parte de las empresas, optan por atacar sólo los efectos finales puesto que les permite ahorrar tiempo y dinero; pero al mismo tiempo solo logran una solución momentánea que solo alarga más el problema, por ejemplo, realizan una simple neutralización y disposición final de los efluentes.

Aún se carece de un procedimiento adecuado que contribuya a la obtención de tecnologías más limpias en su totalidad, puesto que aún existe mucha incertidumbre frente a cómo las empresas mineras desean realizar sus operaciones, buscando un adecuado equilibrio entre medio ambiente y producción. Por el momento las empresas mineras solo garantizan procedimientos que, con escaso empleo de dichas tecnologías, donde solo se reduce en cierto grado el problema ambiental.

CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES

- Para un llevar a cabo un profundo análisis referente a tecnologías limpias, se debe tener ciertos criterios o nociones referente a los procesos que con llevan su debida implementación en los proyectos mineros y como estas se deben desarrollan, desde la etapa de exploración, hasta la comercialización de los minerales.
- Así mismo es preciso el diseño e implemento de un departamento de gestión ambiental, el cual se enfoque prioritariamente en la realización de labores que protejan el medio ambiente dentro de las etapas de producción del sector minero.
- Se debe fomentar la implementación de nuevas tecnologías dentro de los diversos procesos industriales especialmente en el minero, teniendo como prioridad al uso de energías limpias, las mismas que ayudarán a crear un ambiente más óptimo para vivir e incrementarán la eficiencia productiva.
- Continuar investigando sobre la vasta gama de proyectos minero-ambientales, los mismos que nos permitirán tener una visión generalizada de como el tema ha ido en avanzando o ha retrocedido; y de esta manera sirvan de base a futuras profundizaciones.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Rodríguez Mur, I. (2017). Implementación Tecnologías Limpias En Unidades Mineras Ubicadas En La Zona Aurífera Del Departamento De Antioquia. Implementación Tecnologías Limpias En Unidades Mineras Ubicadas En La Zona Aurífera Del Departamento De Antioquia., 8.
- Soria Dall’orso, C. (2016). ¿Cómo Superar Los Conflictos Socioambientales? El Enfoque De Los Derechos Humanos Y El Aporte De La Ley De Consulta Previa En La Participación Normativa Y Administrativa De Los Ciudadanos/Pueblos Indígenas En La Gestión De Los Recursos Naturales., 19.
- Antamina, M. (18 De Enero De 2019). Antamina. Obtenido De Antamina: <https://www.antamina.com/gestion-ambiental-nuevo-enfoque/>
- Arauco , M. (13 De Diciembre De 2016). El Uso De Tecnologías Limpias En La Minería - Universidad Esan Blog Oficial. Obtenido De El Uso De Tecnologías Limpias En La Minería - Universidad Esan Blog Oficial: <http://blog.ue.edu.pe/2016/12/el-uso-de-tecnologias-limpias-en-la-mineria/>
- Bauer, J. L. (2015). Efecto De La Minería Artesanal E Informal. Uso De Tecnologías Limpias Para La Recuperación De Oro. Consorcio De Universidades “Metas Del Perú Al Bicentenaripo”, 15.
- Carrillo, F., Zenteno, R., & Rubín, L. (2010). Tecnologías Limpias Aplicables A La Explotación Del Oro. Tecnologías Limpias Aplicables A La Explotación Del Oro, 117.
- Conam. (23 De Octubre De 2015). Premio Nacional Conam. Premio Nacional Conam, Pág. 2.

- Linares, C. A. (2017). Implementación De Las Tecnologías Para Producciones Más Limpias. Implementación De Las Tecnologías Para Producciones Más Limpias, 42.
- Ghose, A. (2015). Technology Vision 2050 For Sustainable Mining. Technology Vision 2050 For Sustainable Mining, 10.
- Mancilla S, B., & Siñani Q., S. (2015). Tecnologías Limpias En La Industria Minera Boliviana. Tecnologías Limpias En La Industria Minera Boliviana, 11.
- Minera Cerro Verde. (15 De Julio De 2017). Minera Cerro Verde. Obtenido De Minera Cerro Verde: <https://www.cerroverde.pe/Operaciones/Cuidado-Del-Medio-Ambiente/>
- Sánchez, M. (2007). Tecnología Tecnologías Limpias Para La As Limpias Para La Industria Minera Industria Minera. Tecnología Tecnologías Limpias Para La As Limpias Para La Industria Minera Industria Minera, 28.
- Sánchez, M. (2013). Importancia Del Desarrollo De Tecnologías Limpias Para La Industria Del Cobre. Importancia Del Desarrollo De Tecnologías Limpias Para La Industria Del Cobre., 16.
- Sub Secretaria De Minería, M. (2011). Producción Limpia En El Sector Minero. Producción Limpia En El Sector Minero, 8.
- Vera Torrejón, J. (2015). Mecanismo De Producción Más Limpia: El Reúso De Aguas Residuales En La Actividad Minera. Mecanismo De Producción Más Limpia: El Reúso De Aguas Residuales En La Actividad Minera, 16.